Aus dem Physiologischen Institut der Universität Breslau
Direktor: Prof. Dr. H. Schriever

Beitrag zur elektrischen Erregbarkeit des Nerven unter der Einwirkung von Narkoticis

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
in der Medizin bei der Hohen Medizinischen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau

vorgelegt von

Dr. phil. Helmut Ehrhardt
Arzt

Breslau 1940

Dissertationsdruckerei R. Nischkowsky ⟨v. Heydebrand⟩

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau

Referent: Prof. Dr. Schriever
Dekan: Prof. Dr. Gottron.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung	7
II. Versuchsverfahren	8
III. Ergebnisse:	10
A. Die pränarkotischen Erregbarkeitsänderungen	10
B. Die postnarkotischen Erregbarkeitsänderungen	13
C. Der Antagonismus von Narkoticum- und Kältewirkung	17
IV. Erklärungsversuch	22
V. Zusammenfassung	24
VI. Literatur	26

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545807_0142

I. Einleitung.

Die erregende Wirkung des elektrischen Stromes auf den Nerven hängt stets von dreierlei ab: 1. der Stromstärke, 2. der Stromdauer und 3. der Stromteilheit. Daß zwischen diesen drei Größen enge Beziehungen bestehen, hatte schon Fick [1]) erkannt. Je mehr man in diese Zusammenhänge eindrang, desto deutlicher zeigte sich aber die große Kompliziertheit der hier vorliegenden Abhängigkeiten, von deren allseitiger Klärung wir auch heute immer noch weit entfernt sind.

Jm folgenden werden vor allem die Beziehungen zwischen Stromsteilheit und -dauer untersucht. Diese Untersuchungen sind dadurch aktuell, daß es in den letzten Jahren immer mehr üblich geworden ist, die erforderliche minimale Stromsteilheit nicht als solche zu messen, sondern durch eine Zeit: So hat Schriever [2]) die Bestimmung von „Einschleichzeiten" eingeführt, Hill [3]) eine „Zeit λ", Lapicque [4]) eine Zeit, die er „seuil de climalyse" nennt, usw. Durch diese Zeiten ist der jeweilige Steilheitsbedarf ähnlich charakterisiert wie der Zeitbedarf durch die Chronaxie. Eine sehr naheliegende Frage ist dann die nach der Beziehung dieser Zeiten zur Chronaxie. Hill [5]) steht in Anlehnung an frühere Arbeiten von Nernst [6]) auf dem Standpunkt, daß die Zeiten von der Chronaxie generell unabhängig sind, und hat mit seinen Mitarbeitern hierfür auch experimentelle Beweise zu erbringen versucht. Demgegenüber zeigen Lapicque [7]) und Schriever [8]) mit Mitarbeitern gerade umgekehrt eine hier bestehende enge Abhängigkeit. Eine Erklärung für die entgegengesetzten Versuchsergebnisse sieht Schriever darin, daß bei der Bestimmung dieser Zeiten oft sekundäre Faktoren eine nicht geringe Rolle spielen: So z. B. treten solche auf, wenn ein Nerv von einer nichtrhythmischen zu einer rhythmischen Reizbeantwortung übergeht, mit sehr brüsken Einwirkungen auf ihn, mit dem „Auskreuzen" einzelner Nervenfasern usw. Werden diese sekundären Faktoren nicht hinreichend ausgeschaltet, kann eine Unabhängigkeit des Zeitbedarfs von dem Steilheitsbedarf vorgetäuscht werden.

Lapicque und Schriever nehmen als einfachsten Fall der Beziehungen von „seuil de climalyse" und Chronaxie bzw. „Einschleichzeit" und Chronaxie den an, daß sich die beiden Zeiten

im gleichen Verhältnis zueinander ändern. Leider sind die diesbezüglichen Lapicqueschen Versuche nicht sehr zahlreich, wohl vor allem deshalb, weil der „seuil de climalyse" oft schwierig mit der hier erforderlichen Genauigkeit zu bestimmen ist [9]). Um so deutlicher tritt die Änderung in stets gleichem Verhältnis bei der Einschleichzeit und Chronaxie zutage. Bemerkenswert sind in der Hinsicht vor allem die Befunde von Schriever und Cebulla [10]) bei verschiedener Temperierung des Nerven. Die Einschleichzeit und die Chronaxie zeigten in diesen Versuchen sehr erhebliche Schwankungen, aber der Quotient aus den beiden Größen blieb über einen weiten Temperaturbereich (etwa von 10° bis 35° C) konstant. Schriever und Cebulla nennen den Quotienten aus Einschleichzeit und Chronaxie „Zeitenquotient' und sprechen auf Grund ihrer Versuchsergebnisse von einem „Gesetz von den Konstanz des Zeitenquotienten".

Wie die Chronaxie nicht nur eine „Kennzeit" für den jeweiligen Zeitbedarf, sondern gleichzeitig ein Maß für die Reaktionsgeschwindigkeit der ihm zugrunde liegenden Vorgänge ist, stellt die Einschleichzeit gleichzeitig ein Maß für die Reaktionsgeschwindigkeit der dem Steilheitsbedarf zugrunde liegenden Vorgänge dar. Das „Gesetz von der Konstanz des Zeitenquotieten" sagt dann aus, daß die dem Zeit- und Steilheitsbedarf zugrunde liegenden Vorgänge mit einander entsprechenden Geschwindigkeiten ablaufen. Auch wenn die Vorgänge selbst noch weitgehend unbekannt sind, ist damit doch gezeigt, daß sie beidemal zum mindesten sehr ähnlich sind. Angesichts der so möglichen Rückschlüsse auf die Natur der Erregungsvorgänge im Nerven erschien es uns zweckmäßig, derartige Untersuchungen auch noch unter anderen Bedingungen anzustellen. Die Applikation von Narcoticis auf den Nerven erschien uns als ein Verfahren, bei dem sich die Beziehungen von Einschleichzeit und Chronaxie besonders gut verfolgen lassen. Über die hierbei erhaltenen Ergebnisse soll im folgenden kurz berichtet werden.

II. Versuchsverfahren.

Die Versuche wurden an Ischiadicus-Gastrocnemiuspräparaten des Frosches (meist Esculenten, nur selten Temporarien) in den Monaten April bis Juli durchgeführt. Um spontane Erregbarkeitsänderungen weitgehend auszuschalten, verwahrten wir die Präparate nach ihrer Herstellung erst 1 oder 2 Stunden in Ringerlösung. Dann brachten wir sie in die in der Abb. 1 gezeichnete Narkosekammer. Diese bestand aus einem ge-

höhlten Paraffinblock, der durch eine Scheidewand geteilt war. Oben wurde er durch eine Glasplatte abgedeckt. Der eine Teil der Kammer diente zur Aufnahme des zu narkotisierenden Nervenstückes, der andere zur Aufnahme des vor dem Narcoticum zu schützenden Muskels. Die Scheidewand erhielt einen Schlitz, durch den der Nerv geführt war, und der ebenso wie die Glasplatte durch Vaseline abgedichtet wurde. Der Muskel war in der Kammer horizontal ausgespannt und durch einen Faden mit einem Myographen verbunden. Der Raum zur Aufnahme des zu narkotisierenden Nerven war in seinem Boden in der Mitte durch einen niedrigen Wall unterteilt, derart, daß die eine Bodenhälfte ein Näpfchen zur Aufnahme von Narkoselösungen

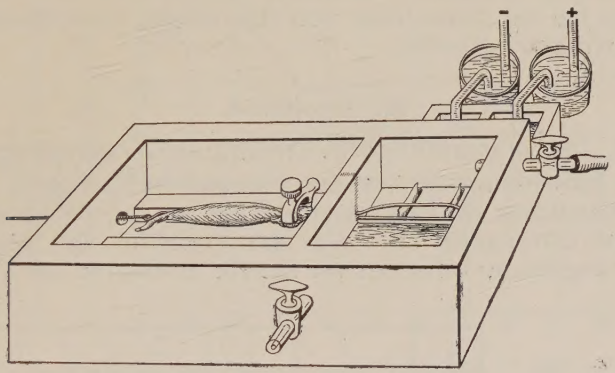

Abb. 1.

bildete, die andere die Elektroden enthielt. Der Nerv konnte so immer leicht, ohne daß der Muskel aus seiner Aufhängung fortgenommen werden mußte, bald über die Elektroden, bald in die Narkoselösung gelegt werden. Für die Zuführung gasförmiger Narcotica zu dem über den Elektroden liegenden Nerven und für ihre Wiederwegführung waren in die Wände der Kammer zwei Glashähne eingebaut. Als Elektroden dienten zwei schmale Filtrierpapier-Streifchen, die in zwei Rillen des Kammerbodens steckten, und über die der Nerv gelegt wurde. Die Rillen waren mit Ringerlösung gefüllt und standen seitlich durch ein zwischengeschaltetes Näpfchen mit Kalomelektroden in Verbindung. Der Abstand der Filtrierpapierstreifchen betrug 12 mm. Ihre Berührungsfläche mit den Nerven wurde möglichst punktförmig gehalten.

Als gasförmige Narkotica verwandten wir Aether-Luftgemische und Chloroform-Luftgemische in Konzentrationen von

1:500 bis 1:10 000. Die Gemische stellten wir in einem großen Kippschen Apparat her, dessen Inhalt bekannt war, und in dem wir die entsprechende Menge Aether bezw. Chloroform verdunsten ließen. Als treibende Flüssigkeit benutzten wir flüssiges Paraffin. Der Kippsche Apparat wurde durch einen kurzen Schlauch mit einem Glashahn der Kammer verbunden. Zur Narkose verwandten wir weiterhin Gemische von Alkohol und Ringerlösung im Verhältnis von 0,5:100 bis 10:100, Lösungen von Urethan in Ringerlösung in der Konzentration von 0,1:100 bis 2:100, Lösungen von Novocain in Ringerlösung in der Konzentration von 0,001:100 bis 0,1:100 und andere.

Die Reizapparatur war die gleiche wie die in der Arbeit von Schriever und Cebulla [11]) benutzte. Desgleichen war hier das Vorgehen bei der Ermittlung von Rheobasen, Einschleichzeiten, Chronaxien usw. dasselbe.

III. Ergebnisse.

A. Die pränarkotischen Erregbarkeitsänderungen.

Unter Einwirkung der von uns verwandten Narkoticis nahmen in allen Versuchen die Rheobasen der Nerven zu, die Einschleichzeiten und Chronaxien ab. Was das Verhältnis der beiden zueinander angeht, so erhielten wir hierfür zu Beginn der Versuche

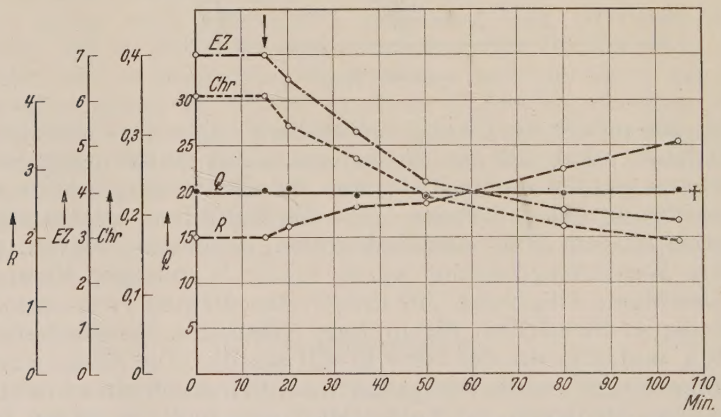

Abb. 2. Einwirkung von *Äther-Luftgemisch 1:2000* auf Nerv. *R* Rheobase, *EZ* Einschleichzeit, *Chr* Chronaxie, *Q* Zeitenquotient.

schwankende Ergebnisse. Erst als wir zu hinreichend schwachen Dosierungen übergingen, bei denen die Einwirkung langsam genug erfolgt, und bei denen eine längere Zeit zu Messungen

blieb, fanden wir regelmäßig eine einander entsprechende Änderung der beiden Zeiten. Der Quotient aus ihnen blieb dann konstant, ähnlich wie das in den Temperaturversuchen von Schriever und Cebulla der Fall war. Das „Gesetz von der Konstanz der Zeitenquotienten" hat also auch bei der Einwirkung von Narkoticis auf den Nerven Gültigkeit.

Beispiele hierfür sind die Abb. 2 bis 6. Die Abb. 2 und 3 beziehen sich auf die Einwirkung von Aether- und Chloroformdampf, die Abb. 4, 5 und 6 auf die Einwirkung von Alkohol,

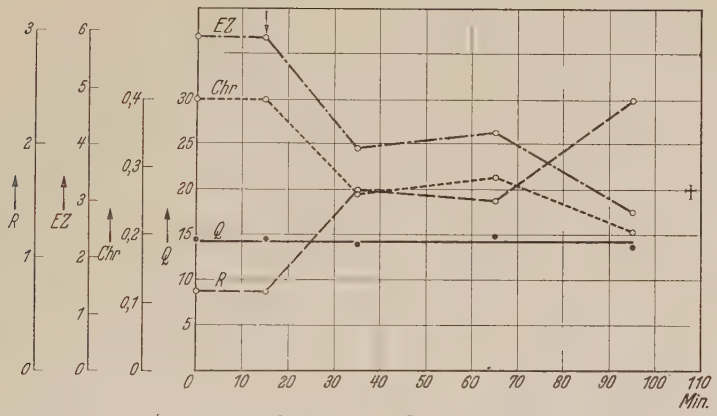

Abb. 3. Einwirkung von *Chloroform-Luftgemisch 1 : 1000* auf Nerv. *R* Rheobase, *EZ* Einschleichzeit, *Chr* Chronaxie, *Q* Zeitenquotient.

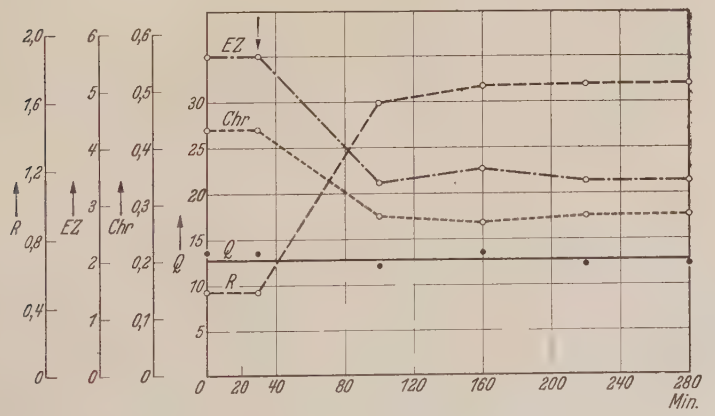

Abb. 4. Einwirkung von 3 % *Alkohol* (in „Ringer") auf Nerv. *R* Rheobase. *EZ* Einschleichzeit, *Chr* Chronaxie, *Q* Zeitenquotient.

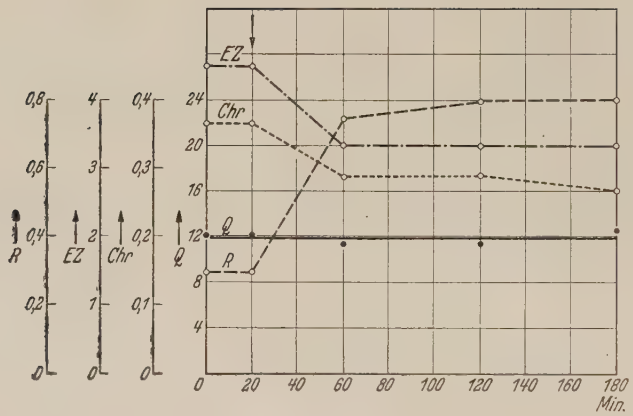

Abb. 5. Einwirkung von 0,5 % Urethanlösung (in „Ringer") auf Nerv. *R* Rheobase, *EZ* Einschleichzeit, *Chr* Chronaxie, *Q* Zeitenquotient.

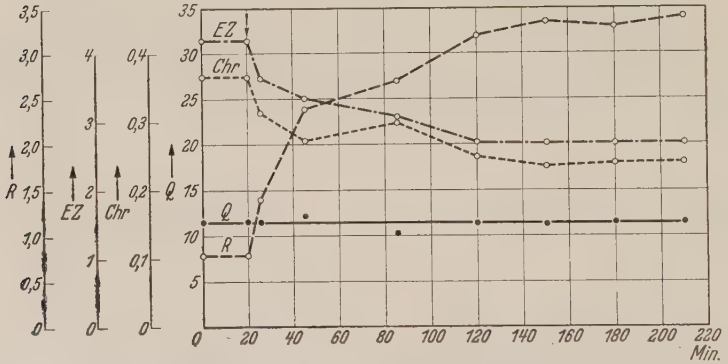

Abb. 6. Einwirkung von 0,05 % *Novocainlösung* (in „Ringer") auf Nerv. *R* Rheobase, *EZ* Einschleichzeit, *Chr* Chronaxie, *Q* Zeitenquotient.

Urethan und Novocain. Der Anstieg der Rheobasen geht in den Versuchen bis auf das 6fache des Anfangswertes herauf. Der Abfall der Einschleichzeiten und Chronaxien geht bis unter die Hälfte des Anfangswertes herunter. Um so bemerkenswerter ist dann, daß die Änderungen der Zeitenquotienten in keinem einzigen Versuche die Fehlergrenze überschreiten.

Setzten bei der Verwendung höherer Narkoticumkonzentrationen die Erregungsänderungen rasch ein, so beobachteten wir nicht selten, daß die Einschleichzeit zuerst schneller als die Chronaxie abfiel, dann langsamer. Daraufhin erst zeigten die

beiden Zeiten einen einander entsprechenden Abfall. Die Folge davon war eine anfängliche vorübergehende Abnahme des Zeitenquotienten. Gelegentlich sahen wir auch, daß die Einschleichzeit umgekehrt zuerst langsamer als die Chronaxie abfiel, dann schneller, und daß dann erst der übliche entsprechende Abfall eintrat. Die Folge davon war ein anfänglicher vorübergehender Anstieg des Zeitenquotienten. Auch war bei der Verwendung solcher höherer Konzentrationen die Streuung der Meßwerte allgemein größer. Eine Erklärung hierfür ist einmal darin gegeben, daß bei den dann rascheren Erregbarkeitsänderungen genaue Messungen überhaupt viel schwieriger sind. Zum anderen braucht der Nerv als physikalisch-chemisches System immer Zeit, bis sich ein neuer Gleichgewichtszustand hergestellt hat. Solange dieser nicht eingetreten ist, liegen besondere Verhältnisse vor. Die gemessenen Einschleichzeiten und Chronaxien sind dann mit den anderen nicht mehr ohne weiteres vergleichbar. Hinzuweisen ist hier auch darauf, daß man völlig entsprechende Verhältnisse bei Temperaturänderungen des Nerven antreffen kann: Erfolgen diese langsam, stufenweise, bleibt der Zeitenquotient konstant. Nach plötzlich einsetzenden Temperaturstößen beobachtet man dagegen nicht geringe Abweichungen des Zeitenquotienten von seinem ursprünglichen Wert bald nach oben, bald nach oben, bald nach unten; erst wenn die Temperatur eine hinreichende Zeit konstant eingewirkt hat, findet man die ursprünglichen Werte wieder. Die oben beschriebenen Schwankungen des Zeitenquotienten bei rasch einsetzenden Erregbarkeitsänderungen sind also nichts für die Narkose Charakteristisches, sondern offensichtlich auch sonst verbreitet. Zu denken ist bei ihnen auch immer an ein „Auskreuzen" von Fasern, d. h., daß einzelne von ihnen auf Dauerreize, andere auf Momentanreize eher ansprechen, und daß die ermittelten Einschleichzeiten und Chronaxien so verschiedenen Fasern angehören. Weiterhin ist bei den inkonstanten Zeitenquotienten an eine Komplikation durch rhythmische Erregungen zu denken, worauf wir unten (S. 17) noch ausführlicher zurückkommen.

B. Die postnarkotischen Erregbarkeitsänderungen.

Bringt man den unerregbar gewordenen Nerven in Ringerlösung, um das Narkoticum aus ihm wieder zu entfernen, so findet man gleich nach Wiederkehr der Erregbarkeit die Rheobase in der Regel abnorm hoch, die Einschleichzeit und Chronaxie abnorm klein. Mit der weiteren Erholung des Nerven nimmt die Rheobase ab, die Einschleichzeit und die Chronaxie

steigen an, bis schließlich Werte erreicht werden, wie sie auch vor der Narkose zu finden waren. Die Änderung der Einschleichzeit und Chronaxie erfolgt dabei wieder einander entsprechend, so daß der Quotient aus beiden konstant bleibt. Das „Gesetz von der Konstanz des Zeitenquotienten" gilt also für die postnarkotischen Erregbarkeitsänderungen ebenso wie für die pränarkotischen.

Beispiele dafür sind die Versuche der Tabelle I. Die Änderungen der Rheobasen gehen hier bis über das 10fache, die der

Tabelle 1. Generelles Verhalten bei der Narkoserückbildung.

Nerv		Rheobase (in Volt)	Einschleichkapazität (in μF)	Einschleichzeit (in σ)	Chronaxiekapazität (in μF)	Chronaxie (in σ)	Zeitenquotient
Versuch 1 (vom 14. 7. 38, Zimmertemperatur 20°).							
Vorher		0,7	0,20	5,6	0,0066	0,41	13,7
In Urethan 2%	nach 5 Min.	2,7	0,09	2,5	0,0031	0,19	13,1
	„ 35 „	8	0,05	1,4	0,0017	0,12	12,1
	„ 70 „	> 20					
In „Ringer"	nach 5 Min.	> 20					
	„ 10 „	4,2	0,07	2,0	0,0023	0,14	13,7
	„ 55 „	2,4	0,18	5,0	0,0056	0,35	14,5
Versuch 2 (vom 18. 7. 38, Zimmertemperatur 19°).							
Vorher		0,60	0,28	7,8	0,007	0,43	18,1
In Urethan 3%	nach 10 Min.	1,55	0,13	3,6	0,0035	0,22	16,8
	„ 15 „	17	Waren nicht mehr zu bestimmen				
	„ 20 „	> 20					
	„ 80 „	> 20					
In „Ringer"	nach 5 Min.	5,0	0,05	1,4	0,0013	0,08	17,3
	„ 60 „	1,8	0,27	7,6	0,0058	0,36	20,8
	„ 120 „	1,8	0,28	7,8	0,0067	0,42	18,8

Einschleichzeiten und Chronaxien bis über das 5fache hinaus. Sie sind also noch weit größer als bei den im vorigen Abschnitt in den Versuchen der Abb. 2 bis 6 wiedergegebenen Versuchen. Dennoch ändern sich die Zeitenquotienten auch hier nie über reine Zufälligkeiten hinaus.

Soweit das hier generelle Verhalten! Ähnlich wie bei den pränarkotischen Erregbarkeitsänderungen Ausnahmen von der allgemeinen Regel zu finden sind, gibt es solche auch hier. So kann die Narkoserückbildung einmal abnorm rasch verlaufen, zum anderen abnorm langsam und schwankend. Ein Beispiel für eine abnorm rasche Rückbildung ist der in der Tabelle 2 wiedergegebene Versuch. Der durch einen 5minutigen Aufenthalt in 10prozentigem „Alkohol-Ringer" unerregbar gewordene Nerv war noch nicht wieder zu erregen, nachdem er

Tabelle 2. Extrem schnelle Narkoserückbildung.
Versuch vom 8. 7. 38, Zimmertemperatur 22°.

Nerv		Rheobase (in Volt)	Einschleichkapazität (in μF)	Einschleichzeit (in σ)	Chronaxiekapazität (in μF)	Chronaxie (in σ)	Zeitenquotient
Vorher		0,75	0,13	3,6	0,0054	0,34	10,8
In Alkohol 10%	nach 5 Min.	> 20					
In „Ringer“	nach 15 Min.	> 20					
	„ 20 „	> 20					
	„ 25 „	> 20					
	„ 30 „	1	0,13	3,6	0,0054	0,34	10,8

25 Minuten in einfache Ringerlösung zurückgebracht war. Nur 5 Minuten später lieferte er aber schon wieder Meßwerte, die bis auf eine kleine Erhöhung der Rheobase völlig mit den Ausgangswerten übereinstimmten. Die oben beschriebene zwischenstufige Erregbarkeit fehlt hier also, oder ist zum mindesten nicht mehr nachweisbar. Beispiele für eine abnorm langsam und schwankend verlaufene Narkoserückbildung sind die in der Tabelle 3 beschriebenen Versuche. Unmittelbar nach Wiederkehr der Erregbarkeit ist der Zeitenquotient hier einmal deut-

Tabelle 3. Narkoserückbildung mit anfänglich erniedrigten bezw. erhöhten Zeitenquotienten.

Nerv		Rheobase (in Volt)	Einschleichkapazität (in μF)	Einschleichzeit (in σ)	Chronaxiekapazität (in μF)	Chronaxie (in σ)	Zeitenquotient
Versuch 1 (vom 14. 7. 38, Zimmertemperatur 20°).							
Vorher		0,6	0,27	7,6	0,007	0,43	17,4
In Novocain 0,2%	nach 10 Min.	1,5	0,19	5,3	0,0051	0,32	16,8
	„ 25 „	2,8	0,16	4,5	0,0041	0,25	17,6
	„ 50 „	> 20					
In „Ringer“	nach 10 Min.	> 20					
	„ 15 „	> 20					
	„ 20 „	4	0,13	3,6	0,004	0,25	14,7
	„ 40 „	4	0,16	4,5	0,0041	0,25	17,6
Versuch 2 (vom 16. 2. 38, Zimmertemperatur 21°).							
Vorher		1,45	0,18	5,04	0,0056	0,35	14,5
In Äther (1:2000)	nach 10 Min.	2,5	0,10	2,8	0,0033	0,21	13,7
	„ 20 „	> 20					
In „Ringer“	nach 5 Min.	Inkonstante Rheobase um 5,0					
	„ 10 „	3,5	0,14	3,9	0,0037	0,23	17,1
	„ 20 „	1,7	0,16	4,5	0,0047	0,29	15,3
	„ 50 „	1,65	0,18	5,04	0,0054	0,34	15,0

lich erniedrigt (Tab. 3, Vers. 1), einmal erhöht (Tab. 3, Vers. 2). Erst dann nimmt er wieder seinen Ausgangswert an, um auf diesem zu bleiben, unabhängig davon, ob sich Einschleichzeit und Chronaxie weiter ändern. Eine ähnliche vorübergehende Inkonstanz des Zeitenquotienten haben wir auch schon im vorigen Abschnitt beschrieben und so erklärt, daß der Nerv als physikalisch-chemisches System immer Zeit braucht, bis er sich auf einen neuen Gleichgewichtszustand eingespielt hat. Solange man diesen nicht abgewartet hat, liegen besondere Verhältnisse vor, die mit anderen nicht unmittelbar vergleichbar sind. Die Umstände, die dazu führen, daß sich die Narkoserückbildung einmal so extrem rasch wie in der Tabelle 2, das andere Mal so langsam und schwankend wie in der Tabelle 3 vollzieht, bedürfen noch der weiteren Klärung. Den bisherigen Erfahrungen nach spielt hier neben der Art des Narkoticums und der verwandten Konzentration namentlich auch noch die Beschaffung des Nerven selbst eine nicht geringe Rolle.

Eine andere komplizierte Form der Narkoserückbildung zeigen die Versuche der Tabelle 4. Bei Wiederkehr der Erregbarkeit ist hier zwar auch die Rheobase erhöht, die Chronaxie erniedrigt, wie es der allgemeinen Regel entspricht. Die Einschleichzeit ist hier aber nicht erniedrigt, sondern im Gegenteil

Tabelle 4. Kompliziertere Formen der Narkoserückbildung.

Nerv		Rheobase (in Volt)	Einschleichkapazität (in μF)	Einschleichzeit (in σ)	Chronaxiekapazität (in μF)	Chronaxie (in σ)	Zeitenquotient
Versuch 1 (vom 11. 7. 38, Zimmertemperatur 19°).							
Vorher		1,35	0,20	5,6	0,0049	0,3	18,4
In Äther 1:1000	nach 2 Min.	> 20					
In „Ringer"	nach 3 Min.	3,0	0,26	7,28	0,0041	0,25	29,1
	„ 18 „	1,9	0,26	7,28	0,0045	0,28	26,0
	„ 33 „	1,8	0,21	5,9	0,005	0,31	18,9
	„ 48 „	1,8	0,21	5,9	0,0052	0,32	18,3
	„ 123 „	1,8	0,2	5,6	0,0048	0,3	18,8
Versuch 2 (vom 13. 7. 38, Zimmertemperatur 19°).							
Vorher		0,7	0,21	5,9	0,0066	0,41	14,4
In Chloroform (1:1000)	nach 50 Min.	1,5	0,15	4,2	0,0046	0,29	14,7
	„ 80 „	2,4	0,1	2,8	0,0033	0,21	13,7
	„ 100 „	> 20					
In „Ringer"	nach 15 Min.	> 20					
	„ 20 „	> 20					
	„ 25 „	2	0,31	8,7	0,0047	0,29	29,8
	„ 40 „	1,5	0,26	7,3	0,0049	0,30	23,9
	„ 80 „	2	0,2	5,6	0,0052	0,32	17,4

weit über den Ausgangswert erhöht! Erst recht ist dann der Zeitenquotient größer. Mit der weiteren Erholung des Nerven steigt die Chronaxie wie üblich an, die Einschleichzeit und der Zeitenquotient nehmen ab, bis die Ausgangswerte oder wenigstens diesem ähnliche Werte wieder erreicht sind. Ein entsprechendes Verhalten des Steilheitsbedarfs bei der Narkoserückbildung haben auch schon Kahlson und v. Werz [15]) beschrieben, deren Ergebnisse wir so bestätigen. Nur können wir auf Grund unserer sehr viel zahlreicheren Versuche dem nicht zustimmen, daß es sich hier gerade um ein „typisches" Verhalten handelt.

C. Der Antagonismus von Narkoticum- und Kältewirkung.

Wenn unter der Einwirkung von Narkoticis die Rheobasen zu-, die Eeinschleichzeiten und Chronaxien abnehmen, so heißt das, daß der Nerv zwar größerer Reizstärken zur Erregung bedarf, doch daß er dafür „flinker" wird. Völlig entsprechend verhält sich der Nerv bei der Erwärmung. Umgekehrt beobachtet man bei seiner Kühlung ein Kleinerwerden der Rheobasen und ein Größerwerden der Einschleichzeiten und Chronaxien. Narkotica und Kälte wirken in der Hinsicht also genau gegensinnig.

Wir heben hier diese Gegensinnigkeit deshalb besonders hervor, weil eine sehr weit verbreitete Meinung dahin geht, daß Narkotica und Kälte eine gleiche Wirkung haben, insofern, als sie beide die Erregbarkeit herabsetzen. Offenbar ist eine solche Meinung dadurch entstanden, daß sowohl Narkotica als auch Kälte den Nerven unerregbar machen können. Doch kann eine Unerregbarkeit auch durch Wärme und anderes herbeigeführt werden. Es ist so nicht möglich, allein aus dem Unerregbarwerden weitere Schlüsse zu ziehen. Verfolgt man dagegen die Änderung der Erregbarkeit, die der Nerv bis zum Aufhören dieser durchmacht, stetig messend, indem man wie wir hier, den jeweiligen Stärke-, Steilheits- und Zeitbedarf an Strom ermittelt, so steht eine genau gegensinnige Wirkung der Narkotica und Kälte außer jedem Zweifel.

Diese geht aber noch weiter. Tiefe Kältegrade führen leicht dahin, daß der Nerv ein und denselben Reiz, z. B. den rheobasischen Strom, nicht mehr mit einer einfachen, sondern mit einer rhythmischen Erregung beantwortet. Diesbezügliche Erfahrungen gehen schon auf Pflüger [13]) und zahlreiche andere ältere Autoren zurück. Hingegen wirkt die Applikation von Narkoticis erschwerend auf das Auftreten von Rhythmen. Durch

sie wird der Nerv gerade umgekehrt von einer rhythmischen zu einer nichtrhythmischen Reizbeantwortung übergeführt. Auf diese gegensätzliche Wirkung der Narkotica wurden wir zuerst bei der Untersuchung von Kaltfroschnerven aufmerksam. Der auch hier so auffällige Antagonismus von Narcoticum- und Kältewirkung veranlaßte uns dann, diesen insgesamt näher zu untersuchen.

In den Versuchsreihen der Tabellen 5—8 sind wir so vorgegangen, daß wir ein Nerv-Muskelpräparat zuerst der Kältewirkung aussetzten. Das geschah auf die Weise, daß wir es längere Zeit (etwa 1—4 Tage) in Ringerlösung in einem Kühlschrank von 1° C verwahrten. Der Nerv wurde dadurch in folgender Weise geändert: 1. Die vorher nichtrhythmische Beantwortung des rheobasischen Stroms ging in eine rhythmische über. 2. Die Einschleichzeit stieg stark an, weniger die Chronaxie, die Rheobase dagegen sank oft ab; infolge des viel beträchtlicheren Anstiegs der Einschleichzeit gegenüber dem der

Tabelle 5. Der Antagonismus Kälte-Äther.

Nerv	Reizbeantwortung	Rheobase (in Volt)	Einschleichkapazität (in μF)	Einschleichzeit (in σ)	Chronaxiekapazität (in μF)	Chronaxie (in σ)	Zeitenquotient
Versuch 1 (vom 23. 7. 38, Zimmertemperatur 18°).							
Vorher	Nichtrhythmisch	0,55	0,26	7,3	0,007	0,43	16,8
In Eisschrank von 1° C nach 20 Std.	Stark rhythmisch	0,4	18	504	0,019	1,18	427
In Ätherdampf (1:2000) nach 5 Min.	Schwach rhythmisch	0,7	0,84	23,5	0,0120	0,74	31,6
„ 15 „	Nichtrhythmisch	2,5	0,18	5,0	0,006	0,37	13,5
„ 25 „	desgl.	3,8	0,10	2,8	0,0027	0,17	16,8
In „Ringer“ nach 10 Min.	Stark rhythmisch	2,0	5	140	0,0059	0,37	382,5
„ 20 „	desgl.	1,5	9	252	0,0094	0,58	432,3
„ 30 „	„	1,2	14	392	0,014	0,87	451,6
Versuch 2 (vom 23. 7. 38, Zimmertemperatur 18°).							
Vorher	Nichtrhythmisch	0,55	0,26	7,3	0,007	0,43	16,8
In Eisschrank von 1° C nach 20 Std.	Stark rhythmisch	1,2	14	392	0,014	0,87	451,6
In Ätherdampf (1:1000) nach 5 Min.	Nichtrhythmisch	2,3	0,14	3,9	0,0055	0,34	11,5
„ 10 „	desgl.	16					
„ 15 „		> 20					
„ 45 „		> 20					
In „Ringer“ nach 5 Min.		14	Waren noch nicht zu bestimmen				
„ 15 „	Stark rhythmisch	2,4	9	252	0,0075	0,47	541,9
„ 35 „	desgl.	1,5	18	504	0,012	0,74	677,4

Tabelle 6. Der Antagonismus Kälte-Alkohol.
Versuch vom 21. 7. 38, Zimmertemperatur 17°.

Nerv		Reizbeantwortung	Rheobase (in Volt)	Einschleichkapazität (in μF)	Einschleichzeit (in σ)	Chronaxiekapazität (in μF)	Chronaxie (in σ)	Zeitenquotient
Vorher		Nichtrhythmisch	1,2	0,19	5,3	0,0048	0,3	17,8
In Eisschrank von 1° C	nach 90 Std.	Stark rhythmisch	1,0	15	420	0,03	1,86	225,7
In Alkohol 4%	nach 10 Min.	Nichtrhythmisch	0,5	0,40	11,2	0,01	0,62	18,1
	„ 60 „	desgl.	1,5	0,24	6,7	0,0057	0,35	19,0
	„ 100 „	„	1,5	0,2	5,6	0,0055	0,34	16,4
In „Ringer“	nach 60 Min.	Stark rhythmisch	1,1	8,5	238	0,015	0,93	256
	„ 120 „	desgl.	1,0	10	280	0,015	0,93	301

Chronaxie stieg gleichzeitig der Zeitenquotient stark an. Sehr charakteristisch war auch, daß die rhythmische Reizbeantwortung sowie die hohen Einschleichzeiten und Zeitenquotienten fortbestanden, wenn der Nerv schon wieder viele Stunden,

Tabelle 7. Der Antagonismus Kälte-Urethan.

Nerv		Reizbeantwortung	Rheobase (in Volt)	Einschleichkapazität (in μF)	Einschleichzeit (in σ)	Chronaxiekapazität (in μF)	Chronaxie (in σ)	Zeitenquotient
Versuch 1 (vom 9. 7. 38, Zimmertemperatur 21°).								
Vorher		Nichtrhythmisch	0,55	0,31	8,7	0,0067	0,42	20,9
In Eisschrank von 1° C	nach 40 Std.	Stark rhythmisch	1,2	10,4	291	0,0044	0,27	1067
In Urethan 0,5%	nach 5 Min.	Nichtrhythmisch	2,1	0,28	7,8	0,006	0,37	21
	„ 25 „	desgl.	2,85	0,23	6,4	0,0054	0,34	19,2
	„ 50 „	„	3,3	0,21	5,9	0,0045	0,28	21,1
	„ 80 „	„	3,65	0,2	5,6	0,0042	0,26	21,9
	„ 140 „	„	3,65	0,19	5,3	0,0042	0,26	20,4
Versuch 2 (vom 20. 7. 38, Zimmertemperatur 18°).								
Vorher		Nichtrhythmisch	1,0	0,23	6,4	0,0058	0,36	17,9
In Eisschrank von 1° C	nach 64 Std.	Stark rhythmisch	1,5	8,7	244	0,007	0,43	561,3
In Urethan 3%	nach 5 Min.	Nichtrhythmisch	3,2	0,23	6,4	0,0045	0,28	23,1
In „Ringer“	nach 10 Min.	desgl.	2,2	0,23	6,4	0,005	0,31	20,8
	„ 30 „	Schwach rhythmisch	2,0	0,5	14,0	0,0065	0,4	34,7
	„ 60 „	Rhythmisch	1,7	1,2	33,6	0,007	0,43	77,4
	„ 90 „	Stark rhythmisch	1,5	2,0	56	0,0075	0,47	120,4

Tabelle 8. Der Antagonismus Kälte-Novocain.
Versuch vom 24. 7. 38, Zimmertemperatur 19°.

Nerv		Reizbeantwortung	Rheobase (in Volt)	Einschleichkapazität (in μF)	Einschleichzeit (in σ)	Chronaxiekapazität (in μF)	Chronaxie (in σ)	Zeitenquotient
Vorher		Nichtrhythmisch	0,45	0,2	5,6	0,0073	0,45	12,4
In Eisschrank von 1° C	nach 30 Std.	Rhythmisch	0,3	20	560	0,08	5,0	112,5
In Novocain 0,4%	nach 5 Min.	Schwach rhythmisch	2,7	0,85	23,8	0,0063	0,39	60,8
	„ 15 „	Nichtrhythmisch	4,0	0,22	6,2	0,005	0,31	19,9
	„ 25 „		> 20					
	„ 35 „		> 20					
	nach 10 Min.		> 20					
	„ 35 „		11					
	„ 45 „	Nichtrhythmisch	4,8	0,15	4,2	0,005	0,31	13,5
	„ 65 „	desgl.	3,5	0,17	4,8	0,005	0,31	15,4
In „Ringer“	„ 125 „	„	3,0	0,17	4,8	0,005	0,31	15,4
	„ 160 „	„	2,0	0,25	7,0	0,006	0,37	18,8
	„ 205 „	„	1,3	0,4	11,2	0,0065	0,4	27,8
	„ 265 „	Rhythmisch	1,2	3	84	0,0073	0,45	185,4
	„ 325 „	Stark rhythmisch	1,0	5	140	0,008	0,5	282,2

selbst 1 und 2 Tage, Zimmertemperatur angenommen hatte [14]). Setzten wir ihn nun nach einer solchen voraufgegangenen Kältewirkung der Wirkung eines Narkoticums aus, sei es noch im Kühlschrank oder einige Zeit, nachdem er wieder Zimmertemperatur angenommen hatte, so ging die Kältewirkung stets schlagartig zurück! Nicht selten genügten dann schon wenige Minuten, bis die Beantwortung des rheobasischen Stroms wieder nichtrhythmisch war. Die Einschleichzeit, die Chronaxie und der Zeitenquotient sanken entsprechend ab, die Rheobase stieg an. Bald gingen die Einschleichzeiten, Chronaxien und Rheobasen auch noch über den Ausgangswert hinaus. Bei den Zeitenquotienten dagegen war dann wieder die Tendenz deutlich zu erkennen, sich erneut auf einen konstanten Wert einzuspielen, der meist der Ausgangswert selber war (vgl. Tabelle 5, Versuch 1; Tabelle 6, Tabelle 7, Versuch 1) oder nicht viel darüber oder darunter lag. Anfangs nicht wenig überraschend war das Ergebnis bei Wiederentzug des Narkoticums durch Auswaschen des Nerven in Ringerlösung von üblicher Zimmertemperatur: Die Beantwortung des rheobasischen Stroms wurde dadurch bald wieder rhythmisch. Die Einschleichzeiten, Chronaxien und Zeitenquotienten stiegen erneut an, die Rheobasen fielen ab, bis schließlich Werte angenähert wieder erreicht

waren, wie sie unmittelbar vor der Einwirkung des Narkoticums gemessen wurden. Hingewiesen sei hier auch noch darauf, daß es für den Versuchsausfall grundsätzlich gleich war, ob eine nur unvollkommene oder vollkommene Narkose hergestellt wurde. Ebenso war es gleich, ob Aether, Chloroform, Alkohol, Urethan, Novocain verwandt wurde. Es handelt sich hier also nicht um die spezifische Wirkung eines dieser Stoffe, sondern offensichtlich um eine allgemeine Narkoticumwirkung.

Der Antagonismus läßt sich auch aufzeigen, wenn man, umgekehrt wie oben, zuerst das Narkoticum appliziert und dann die Kälte. Je nach Dosierung kann man es dann so einrichten, daß die Kältewirkung überhaupt nicht mehr in Erscheinung tritt. Ein Beispiel dafür ist der in der Tabelle 9 wiedergegebene

Tabelle 9. Schutz des Nerven gegenüber der Kältewirkung durch Urethan.

Versuch vom 27. 7. 38.

Nerv		Reizbeantwortung	Rheobase (in Volt)	Einschleichkapazität (in μF)	Einschleichzeit (in σ)	Chronaxiekapazität (in μF)	Chronaxie (in σ)	Zeitenquotient
Von rechtem Bein in Urethan 0,5%	Vorher bei 22°	Nichtrhythmisch	0,65	0,24	6,7	0,0067	0,42	16,0
	Nach 24 Std. in Eisschrank von 0°, untersucht wieder bei 22°	desgl.	1,25	0,13	3,6	0,0040	0,25	14,4
Von linkem Bein in „Ringer“	Vorher bei 22°	Nichtrhythmisch	0,45	0,24	6,7	0,0060	0,37	18,1
	Nach 24 Std. in Eisschrank von 0° untersucht wieder bei 22°	Stark rhythmisch	0,30	> 20	> 560	0,0150	0,93	> 600

Versuch: Das Nerv-Muskelpräparat vom rechten Bein eines Frosches kam in Ringerlösung mit einem 0,5 prozentigen Urethanzusatz, das vom linken Bein in einfache Ringerlösung. Nach einem 24stündigen Aufenthalt im Kühlschrank von 1° C zeigte das letztere Präparat eine stark rhythmische Reizbeantwortung; die Einschleichzeit, die Chronaxie und der Zeitenquotient waren entsprechend erhöht, die Rheobase erniedrigt. Das in der Ringerlösung mit Urethanzusatz aufbewahrte Präparat dagegen hatte seine nichtrhythmische Reizbeantwortung behalten. Darüber hinaus war bei ihm die Rheobase sogar erhöht; die Einschleichzeit und Chronaxie waren erniedrigt, der

Zeitenquotient war angenähert konstant. Die Reizbeantwortung und die Meßwerte sind hier also derart, als ob nur das Narkoticum eingewirkt hätte.

IV. Erklärungsversuch.

Durch die vorstehend beschriebenen Versuche wird von neuer Seite her gezeigt, daß eine enge Koppelung zwischen dem jeweiligen Zeit- und Steilheitsbedarf besteht. Als einfachster Fall hat sich für diese Koppelung auch hier ergeben, daß das „Gesetz von der Konstanz des Zeitenquotienten" gilt. Wo sich kompliziertere Abhängigkeiten gezeigt haben, konnten diese wieder auf hinzutretende sekundäre Faktoren zurückgeführt werden.

Auf die Frage, wie die gefundene enge Abhängigkeit des Steilheits- und Zeitbedarfs voneinander zu erklären ist, sind kürzlich nach Schriever und Cebulla [15]) näher eingegangen. Wenn man den Zeitbedarf heute auf Polarisation zurückführt, so bezeichneten sie es als naheliegend, diese auch für die Deutung des Steilheitsbedarfs heranzuziehen. Allerdings kommt man dann nicht aus mit der Polarisation nur unter der Kathode, vielmehr ist dann auch noch die Länge des Nerven zu berücksichtigen. Legt man dem Nerven eine bleibende Spannung an, so polarisiert er sich unmittelbar unter der Kathode viel schneller als in der Nachbarschaft. Es kommt damit zu einem Polarisierungsgefälle über die Länge des Nerven, das, wenn es hinreichend stark ist, als Vorbedingung für das Zustandekommen „lokaler Strömchen" im Sinne der Theorie von Herrmann und Lillie angesehen werden kann. Bei Anlegen einer in der Zeit erst langsam ansteigenden Spannung dagegen polarisiert sich der Nerv unmittelbar unter der Kathode und in deren Nachbarschaft sehr viel gleichmäßiger. Es fehlt dann ein entsprechendes Potentialgefälle. Die Veränderung des Nerven unmittelbar unter der Kathode und in deren Nachbarschaft ist dann zu gleichmäßig, als daß noch die „lokalen Strömchen" auftreten können. Demzufolge erscheint auch keine fortgeleitete Erregung, d. h. der Reizstrom „schleicht ein". Als allgemeine Bedingung für das Auftreten einer fortgeleiteten Erregung kann man also die herausstellen, daß auf hinreichend kurzer Strecke ein hinreichend großes Potentialgefälle geschaffen wird. Die unterschiedliche Polarisation bei konstant anliegender und erst langsam ansteigender Spannung läßt sich sowohl in Modellversuchen als auch am Nerven selbst unmittelbar vorführen. Desgleichen ist der hier angenommene Er-

regungsmechanismus in Modellversuchen aufzuzeigen und anschaulicher zu machen. Die über ihn gemachten Annahmen können damit als gut gestützt erscheinen. Gegenüber anderen Erregungstheorien haben sie jedenfalls den Vorzug, daß bei ihnen die enge Koppelung zwischen dem jeweiligen Steilheits- und Zeitbedarf schon im Fundament liegt, so daß sich zusätzliche Annahmen erübrigen.

Was hier die Narkoticumwirkung im besonderen angeht, so lassen sich die beobachteten Erregbarkeitsänderungen mit dem allgemein charakteristischen Anstieg der Rheobase und Abfall der Einschleichzeit und Chronaxie ebenfalls durch Verschiedenheiten der Polarisation erklären. Man braucht nur anzunehmen, daß mit dem Eindringen der Narkoticummoleküle in die zu polarisierende Membran eine Lockerung dieser auftritt, oder anders ausgedrückt, daß ihre Permeabilität zunimmt [16]). In der Abb. 7 versinnbildlicht der Kondensator C die polarisatorische Kapazität, der Widerstand w den Membranwiderstand, d. h. den Widerstand in der Reizapparatur einschließlich

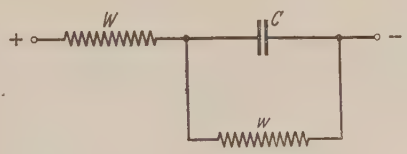

Abb. 7.

demjenigen der Elektroden. Legt man an die mit + und — bezeichneten Stellen ein konstantes Potential V, so vollzieht sich die Aufladung des Kondensators nach folgender Gleichung:

$$v = V \frac{w}{W + w} \left(1 - e^{-\frac{t}{WC} \cdot \frac{W + w}{w}}\right)$$

v bedeutet hier die zu einer bestimmten Zeit, t vorhandene Spannung des Kondensators, e die Basis der natürlichen Logarithmen. Eine Erregung trete immer dann auf, wenn eine bestimmte Aufladung des Kondensators erreicht ist, wenn also $v = k$ wird. Setzen wir diesen Wert v in die obige Gleichung ein und lösen sie dann nach V auf, so ergibt sich

$$V = k \cdot \frac{W + w}{w} \cdot \frac{1}{1 - e^{-\frac{t}{wc} \cdot \frac{W + w}{w}}}$$

Diese Gleichung ist von der allgemeinen Form

$$V = \alpha \frac{1}{1 - e^{-\beta t}},$$

wobei $\alpha = \frac{k \cdot (W + w)}{w}$ und $\beta = \frac{W + w}{WwC}$ gesetzt ist, und enthält also zwei Parameter. Von diesem hat α die Dimension einer Spannung, β die einer Zeit. Es soll dann nachgesehen werden, welchen Einfluß eine Änderung des Membranwiderstandes w auf die Parameter hat. Geben wir w willkürlich die Werte 1, 10, 100, so wird:

$$\alpha = kW + 1 \qquad \beta = \frac{1}{C} + \frac{1}{WC}$$

$$\alpha = \frac{kW}{10} + 1 \qquad \beta = \frac{1}{10\,C} + \frac{1}{WC}$$

$$\alpha = \frac{kW}{100} + 1 \qquad \beta = \frac{1}{100\,C} + \frac{1}{WC}$$

Wir sehen also, daß je kleiner w, um so größer α und β sind. Das Größerwerden von α heißt, daß man zur Erzielung der gleichen Aufladung größere Spannungen anzulegen hat. Das Größerwerden von β heißt, daß sich die Aufladung schneller vollzieht. Mit der Verkleinerung des Membranwiderstandes haben wir also die gleichen Änderungen, wie sie auch in den obigen Versuchen immer wieder beobachtet wurden: eine Erhöhung der erforderlichen Reizstärken und eine Beschleunigung der zeitlichen Abläufe. Es ist also die Annahme gerechtfertigt, daß für die beobachteten Erregbarkeitsänderungen tatsächlich Permeabilitätsunterschiede von ausschlaggebender Bedeutung sind. Soweit wir die Literatur durchgesehen haben, gehen allerdings die Angaben über die Permeabilität unter der Einwirkung von Narkoticis noch recht auseinander [17]). Anscheinend spielt hier auch noch die Dosierung eine nicht zu übersehende Rolle.

V. Zusammenfassung.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen von neuer Seite, daß zwischen dem Zeit- und Steilheitsbedarf des Nerven an Strom enge Beziehungen bestehen und daß das von Schriever formulierte „Gesetz von der Konstanz des Zeitenquotienten" auch unter der Einwirkung von Narkotiis auf den Nerven Gültigkeit hat. Die von Nernst aufgestellte These, der zufolge der

Steilheitsbedarf des Nerven völlig unabhängig von dem jeweiligen Zeitbedarf ist, wird damit auch durch unsere Befunde als unhaltbar erwiesen. Das gleiche gilt für die neue Theorie der elektrischen Erregung Hills, die von den Anschauungen Nernsts ausgeht.

Die Erregbarkeitsänderungen des Nerven unter der Einwirkung von Narcoticis (Aether, Chloroform, Alkohol, Urethan, Novocain usw.) erfolgten in unseren Versuchen bei gewöhnlichen Bedingungen niemals im Sinne einer Unabhängigkeit von Stärke-, Zeit- und Steilheitsbedarf. Einschleichzeit und Chronaxie änderten sich nur dann teilweise oder völlig unabhängig voneinander, wenn sekundäre Faktoren wie z. B. das Auftreten rhythmischer Erregungen, brüske Einwirkungen auf den Nerven oder ein Auskreuzen von Fasern eine Rolle bei der Entstehung und Fortleitung der Erregung im Nerven spielten. Bezüglich der Wirkung von Narcoticum und Kälte auf die Erregung des Nerven ergaben unsere Untersuchungen — im Gegensatz zu vielen anderen Autoren — einen wohlausgebildeten Antagonismus. Dieser erstreckte sich einmal auf den jeweiligen Stärke-, Zeit- und Steilheitsbedarf. Zum anderen betrifft er den Wechsel zwischen nichtrhytymischer und rhythmischer Reizbeantwortung, indem Kälte die Rhythmenbildung fördert, die Narcoticis dagegen erschweren. Ein theoretisches Erfassen der beobachteten Erregungsänderungen des Nerven unter der Einwirkung von Narcoticis scheint uns am einfachsten und überzeugendsten in der Annahme gegeben, daß es sich bei diesen Vorgängen um eine Permeabilitätszunahme der zu polarisirenden Membran handelt.

Literatur.

1) Fick, A.: Beitr. zur vergl. Physiologie der irritablen Substanzen. Braunschweig 1863.
2) Schriever, H.: Z. Biol. 91, 173 (1931); 93, 123, 249 (1932).
3) Hill, A. V.: Proc. roy. Soc. Lond. B 119, 305 (1936).
4) Lapicque, L.: C. r. Soc. Biol. Paris 115, 256 (1937).
5) Hill, A. V.: l. c. — Solandt, D. Y.: Proc. roy. Soc. Lond. B 119, 355 (1936); 120, 389 (1936). — Hill, A. V., B. Katz and D. Y. Solandt: Proc. roy. Soc. Lond. B 121, 74 (1936).
6) Nernst, W.: Pflügers Arch. 122, 275 (1908).
7) Lapicque, L.: C. r. Soc. Biol. Paris 125, 256 (1937). — Lapicque, L. et M.: C. r. Soc. Biol. Paris 125, 259, 588, 701 (1937); 127, 875 (1938).
8) Schriever, H.: l. c. — Schriever, H. u. R. Cebulla: Pflügers Arch. 241, 1 (1938).
9) Schriever, H. u. R. Cebulla: l. c. S. 8.
10) Ebd. S. 10 ff.
11) Ebd. S. 5.
12) Kahlsen, G. u. R. v. Werz: Skand. Arch. Physiol. (Berlin und Leipzig) 74, 163 (1936).
13) Pflüger, E.: Untersuchungen üb. d. Physiol. d. Electrotonus. S. 133, Bln. 1859.
14) Vgl. H. Schriever u. R. Cebulla: l. c. S. 11.
15) Ebd. S. 34.
16) Vgl. L. Lapicque: L'excitabilité en fonction du temps. Paris 1926, p. 187.
17) Vgl. M. Kochmann: Hdb. d. exp. Pharmakol., herausgegeben von A. Heffter, Bd. 1, S. 449, 1923.

Lebenslauf.

Am 24. März 1914 wurde ich, Helmut Ehrhardt, als Sohn des Kaufmanns Stephan Ehrhardt und seiner Ehefrau Susanne, geb. Bourgeois, in Kassel geboren. Nach Besuch der Vorschule trat ich Ostern 1925 in das Wilhelms-Gymnasium in Kassel ein. Ostern 1931 wechselte ich zum Realgymnasium II in Kassel, das ich am 2. III. 1934 mit dem Zeugnis der Reife verließ.

In den Jahren 1934 bis 1940 studierte ich an den Universitäten in München, Berlin und Breslau. Anfangs befaßte ich mich vorwiegend mit Psychologie, Philosophie, Literaturwissenschaften und Kunstgeschichte. Später belegte ich auch in der Medizinischen Fakultät und bestand am 6. IV. 37 in München den 1. Abschnitt und am 22. II. 38 in Breslau den 2. Abschnitt der ärztlichen Vorprüfung. Zum Abschluß meiner Studien in der Philosophischen Fakultät legte ich in Breslau eine Arbeit über „Die Lehre von den Aufbauschichten der Persönlichkeit in Psychologie und Psychopathologie" vor, bestand am 12. Juli 1939 das Examen Rigorosum und wurde am 10. X. 1939 von der Philosophischen Fakultät der Universität Breslau zum Dr. phil. promoviert. Mein medizinisches Studium beendete ich am 12. X. 1940 mit dem medizinischen Staatsexamen in Breslau. Gleichzeitig wurde mir die Bestallung als Arzt erteilt.

Meine akademischen Lehrer in den medizinischen Wissenschaften, denen ich zu Dank verpflichtet bin, waren u. a. die Herren Professoren: von der Universität in München Bumke, Broemser, Vogt und Wieland; von der Universität in Berlin v. Bergmann, Rößle, Sauerbruch, Siebeck, Stoeckel, de Crinis und v. Hattingberg; von der Universität in Breslau Lange, Bittorf, Bauer, Gottron, Gutzeit, Staemmler, Eichler und Villinger.

Meinen ganz besonderen Dank möchte ich an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Schriever aussprechen, der vorliegende Arbeit angeregt und jederzeit wohlwollend gefördert hat.